

54.1, 313

10/541313

Rec'd PCT/PTO 30 JUN 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

**(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro**



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Mai 2005 (12.05.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/043151 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01N 29/26,
G01B 11/00, 11/24

1) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): NUTRONIK GMBH [DE/DE]; Industriegebiet Süd E11, 63755 Alzenau (DE)**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/011331

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Oktober 2004 (11.10.2004)

(72) Erfinder; und

(75) **Erfinder/Anmelder** (*nur für US*): **HAASE, Wolfgang** [DE/DE]; **Sickenberger** Str. 18, 63877 **Sailauf** (DE). **FIN-GER, Gerhard** [DE/DE]; **Carlstr.** 17 b, 63694 **Limeshain** (DE). **KOCH, Roman** [DE/DE]; **Amselweg** 14, 63825 **Blankenbach** (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

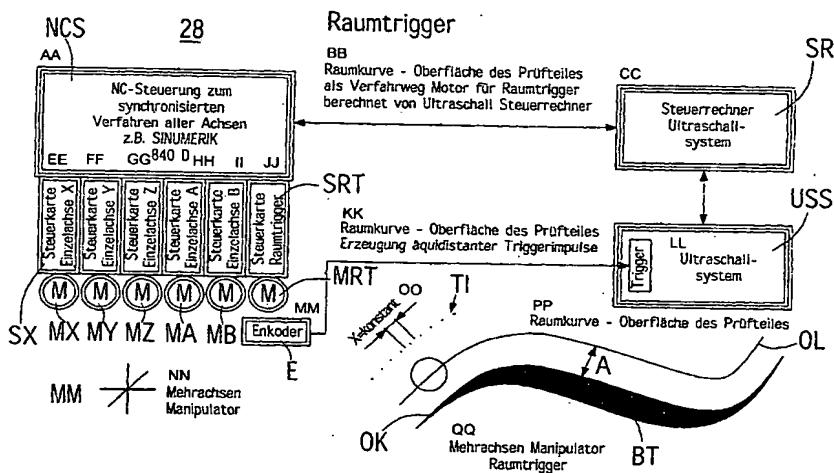
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(74) **Anwalt:** **STOFFREGEN, Hans-Herbert;** Friedrich-Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TESTING A COMPONENT HAVING A COMPLEX SURFACE CONTOUR, BY MEANS OF ULTRASOUND

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR PRÜFUNG EINES EINE KOMPLEXE OBERFLÄCHENKONTUR AUFWEISENDEN BAUTEILS MITTELS ULTRASCHALL



AA... NC CONTROL FOR SYNCHRONISED PROCESS OF ALL AXES E.G. SINUMERIC 840D
BB... THREE-DIMENSIONAL CURVE - SURFACE OF THE TEST PART AS A PROCESS PATH MOTOR FOR
THREE-DIMENSIONAL TRIGGER CALCULATED BY ULTRASOUND CONTROL COMPUTER
CC... CONTROL COMPUTER ULTRASOUND SYSTEM
EE... CONTROL CARD SINGLE AXIS X
FF... CONTROL CARD SINGLE AXIS Y
GG... CONTROL CARD SINGLE AXIS Z
HH... CONTROL CARD SINGLE AXIS A
II... CONTROL CARD SINGLE AXIS B
JJ... CONTROL CARD THREE-DIMENSIONAL TRIGGER
KK... THREE-DIMENSIONAL CURVE - SURFACE OF THE TEST PART
PRODUCTION OF EQUIDISTANT TRIGGER PULSE
LL... ULTRASOUND SYSTEM
MM... ENCODER
NN... MULTIPLE AXIS MANIPULATOR
OO... X = CONSTANT
PP... THREE-DIMENSIONAL CURVE - SURFACE OF TEST PART
QQ... MULTIPLE AXIS MANIPULATOR THREE-DIMENSIONAL TRIGGER

(57) Abstract: The invention relates to a method and to a device for testing a component having a complex surface contour, by means of ultrasound. At least one ultrasonic testing head (UPK) is guided along the surface contour (OK) of the component (BT) by means of a manipulator (MM) comprising several axial drives (MX, MJ, MZ, MA, MB) on several axes at a defined distance (A). The axial drives (MX, MJ, MZ, MA, MB) of the manipulator (MM) are processed in a synchronous manner along predetermined supporting points in order to ensure improved measuring accuracy even in components with a complex curved surface contour, such that a trigger drive (MRT) is controlled in a synchronised manner with the axial drives (MX, MJ, MZ, MA, MB) and is processed together with all of the axial drives which are engaged corresponding to a predetermined surface line (OL) reproducing the surface contour (OK). The trigger drive (MRT) is generated in relation to the surface line (OL) of the complex surface contour equidistant line trigger pulse.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Prüfung einer komplexen Oberflächenkontur aufweisenden Bauteils mittels Ultraschall, wobei zumindest ein Ultraschallprüfkopf (UPK) mittels eines mehreren Achsantriebe (MX, MJ, MZ, MA, MB) aufweisenden Manipulators (MM) in mehreren Achsen mit definiertem Abstand (A) entlang der Oberflächenkontur (OK) des Bauteils (BT) geführt wird. Um auch bei Bauteilen mit komplex gekrümmter Oberflächenkontur eine hohe Messgenauigkeit zu gewährleisten, ist vorgesehen, dass die Achsantriebe (MX, MJ, MZ, MA, MB) des Manipulators (MM) entlang von vorbestimmten Stützpunkten synchron verfahren werden, dass ein Trigger-Antrieb (MRT) synchronisiert mit den Achsantrieben (MX, MJ, MZ, MA, MB) angesteuert und zusammen mit allen im Eingriff befindlichen Achsantrieben entsprechend einer vorbestimmten die Oberflächenkontur (OK) wiedergebenden Oberflächenlinie (OL) verfahren wird und dass der Trigger-Antrieb (MRT) bezogen auf die Oberflächenlinie (OL) der komplexen Oberflächenkontur äquidistante Triggerimpulse generiert.

Beschreibung**Verfahren und Vorrichtung zur Prüfung eines eine komplexe Oberflächenkontur aufweisenden Bauteils mittels Ultraschall**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Prüfung eines eine komplexe Oberflächenkontur aufweisenden Bauteils mittels Ultraschall, wobei zumindest ein Ultraschallprüfkopf mittels eines mehrere Achsantriebe aufweisenden Manipulators in mehreren Achsen mit definiertem Abstand entlang der Oberflächenkontur des Bauteils geführt wird und wobei entsprechend der Bewegung zumindest eines Antriebs äquidistante Impulse als Triggersignale zur geometrisch korrekten Zuordnung von empfangenen Ultraschallmesswerten zur Oberflächenkontur des Bauteils erzeugt werden, sowie auf eine Vorrichtung zur Prüfung eines eine komplexe Oberflächenkontur aufweisenden Bauteils, umfassend einen mittels Achsantrieben in einen oder mehreren Achsen verfahrbaren Manipulator, mit dem zumindest ein Ultraschallprüfkopf mit definiertem Abstand entlang der Oberflächenkontur des Bauteils verfahrbar ist, wobei die Achsantriebe mittels einer Steuerung ansteuerbar sind und wobei zumindest ein Encoder zur Erzeugung von Triggerimpulsen zur geometrisch korrekten Zuordnung von empfangenen Ultraschallmesswerten zur Oberflächenkontur des Bauteils vorgesehen ist.

Aus einem internen Stand der Technik ist ein Verfahren zur Prüfung eines eine komplexe Oberflächenkontur aufweisenden Bauteils mittels Ultraschall bekannt, wobei an einem herkömmlichen Mehrachsen-Prüfmanipulator ein oder mehrere Ultraschallgeber angeordnet sind, welche entlang einer geraden oder leicht gekrümmten Oberflächenkontur eines Bauteils zur Prüfung dieses verfahren werden. Zumindest ein Achsantrieb des Manipulators ist zur Erzeugung von Triggerimpulsen für eine Ultraschallsteuereinheit mit vorzugsweise einem optischen Encoder ausgestattet. Dieser Encoder ist jeweils einer Hauptachse wie X-Achse zugeordnet. Bei einer automatisierten Prüfung des Bauteils erzeugt der Encoder entsprechend der Bewegung des zugehörigen Achsantriebes

äquidistante Impulse für einen Bewegungsvektor der angeschlossenen Achse. Die äquidistanten Impulse sind als Trigger zur geometrisch korrekten Zuordnung der Ultraschallmesswerte zum Prüfteil notwendig.

Eine Vorrichtung 10 mit Einachsen-Triggersystem nach diesem Stand der Technik ist in Fig. 1 dargestellt. Die Vorrichtung 10 umfasst einen Mehrachsenmanipulator 12, wobei jeder Achse wie beispielsweise X-Achse, Y-Achse, Z-Achse sowie ggf. Drehachsen wie A-Achse oder B-Achse jeweils ein Antrieb MX, MY, MZ, MA, MB zugeordnet ist, welche über entsprechende Steuerkarten SX, SY, SZ, SA, SB über eine NC-Steuerung NCS ansteuerbar sind. Einer der Achsantriebe, im dargestellten Beispiel der Antrieb MX der X-Achse, ist mit einem Encoder E gekoppelt, welcher entsprechend der Bewegung des zugehörigen Achsantriebes äquidistante Impulse an ein Ultraschallsystem USS abgibt. Dabei werden die Triggerimpulse proportional dem Vorschub der linearen X-Achse erzeugt. Das Ultraschallsystem USS ist mit einem Steuerrechner SR gekoppelt, welcher wiederum mit der NC-Steuerung des Mehrfachmanipulators verbunden ist.

Wenn die Geometrie der Oberflächenkontur des zu prüfenden Bauteils in Haupt-Prüfrichtung komplex gekrümmmt ist, kann mit einer Einachsen-Triggererzeugung keine ausreichende Genauigkeit der oberflächengetreuen Datenaufnahme gewährleistet werden. Oberflächengetreue Datenaufnahme bedeutet in diesem Sinne, dass ein äquidistantes Messpunktgitter auf der Oberfläche des Bauteils für die spätere Darstellung der Messergebnisse als fixiertes C-Bild zur Verfügung gestellt wird.

In der DE-T- 690 03 090 wird ein Kalibrierungsverfahren eines dreidimensionalen Form erfassungssystems und ein System zur Durchführung des genannten Verfahrens beschrieben. Das beschriebene Kalibrierungsverfahren zielt darauf ab, ein neues Eichverfahren zu schaffen, welches von dem Aufbau einer Sensoreinheit unabhängig ist und dementsprechend keine vorherige physische Messung von geometrischen Parametern erfordert. Bei dem Verfahren wird die Kenntnis der geometrischen Parameter der Sensoreinheit durch die eines einfach zu bemaßenden Kalibrierobjektes ersetzt. Die Aufstellung einer Zwischentransferfunktion erfolgt direkt durch eine Erfassung der Rohin-

formation unter denselben Bedingungen, wie die spätere Messung der Punkte eines Objektes, so dass dadurch eine Fehlerhäufung vermieden werden kann.

Die EP-A- 0 489 161 bezieht sich auf einen Ultraschall-Riss-Detektor. Abstandssensoren und ein Ultraschalltastkopf sind miteinander als eine einheitliche Struktur verbunden, so dass der Abstandssensor zusammen mit dem Ultraschallprüfkopf über die Scannlinien geführt wird. Die Oberflächenabtastung eines Objektes W mittels des Abstandssensors erfolgt parallel mit der Risserfassung durch den Ultraschallprüfkopf. Der Risserfassungsbereich ist in eine Vielzahl kleinerer Bereiche unterteilt, wobei eine Vielzahl von Speicherbereichen ähnlich eines Netzes in einem Speicher abgelegt werden. Nur ein Flächenwert des Positionsspeicherbereiches enthält den Risserfassungsbereich und ist in jedem der Speicherbereiche gespeichert. Basierend auf diesen gespeicherten Formdaten kann die Position und der Winkel bzw. Lage des Ultraschallprüfkopfes in jedem der Rissdetektionspunkte gesteuert werden.

Davon ausgehend liegt der Erfindung das Problem zu Grunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der zuvor genannten Art dahingehend weiterzuentwickeln, dass auch bei Bauteilen mit komplex gekrümmter Oberflächenkontur eine hohe Messgenauigkeit gewährleistet ist.

Das Problem wird u. a. verfahrensmäßig dadurch gelöst, dass die Länge einer die Oberflächenkontur wiedergebende Oberflächenlinie berechnet wird, dass Stützpunkte zur Führung des Ultraschallprüfkopfes berechnet werden, dass die Achsantriebe des Manipulators entlang der vorausberechneten Stützpunkte synchron verfahren werden und dass ein Trigger-Antrieb synchronisiert mit den Achsantrieben angesteuert und zusammen mit allen im Eingriff befindlichen Achsantrieben entsprechend der vorausberechneten Oberflächenlinie verfahren wird, wobei der Trigger-Antrieb der Oberflächenlinie fiktiv nachgeführt wird und bezogen auf die Oberflächenlinie äquidistante Triggerimpulse generiert.

Grundgedanke des Verfahrens ist es, mit Hilfe eines bahnsynchron zu verfahrenenden zusätzlichen Motors bzw. Antriebs mit angeschlossenem Encoder zur Erzeugung von

Triggerimpulsen eine oberflächengetreue Messwertzuordnung auch bei Bauteilen mit komplex gekrümmten Oberflächenkonturen zu gewährleisten.

Hierbei ist vorgesehen, dass eine Vorausberechnung einer Oberflächenlinie, insbesondere deren Länge entsprechend einer manuell eingegebenen oder aus CAD-Daten übernommenen Geometrie des zu prüfenden Bauteils berechnet wird. Die Berechnung wird vorzugsweise in einem Steuerrechner des Ultraschallsystems durchgeführt. Ferner werden Stützpunkte des Mehrachsen-Manipulators zur Führung des Ultraschall-Prüfkopfsystems in definiertem Abstand entlang der Oberflächenkontur des Bauteils im Steuerrechner des Ultraschallsystems berechnet. Dabei wird beispielsweise eine mäanderförmige Messfahrt über die Oberflächenkontur des Bauteils durchgeführt.

Anschließend wird beim synchronisierten Verfahren der mehreren Antriebsachsen des Mehrachsen-Manipulators im Raum entlang der vorausberechneten und der NC-Steuerung übergebenen Stützpunkte der zusätzliche Motor als sogenannter Trigger-Antrieb bzw. Raumtrigger (virtuelle Achse) synchronisiert von der NC-Steuerung zusammen mit allen anderen im Eingriff befindlichen Achsantrieben entsprechend der vorausberechneten Oberflächenlinie verfahren. Durch das synchronisierte Verfahren der eigentlichen Bewegungssachsen zur exakten Führung des Ultraschall-Prüfkopfsystems in definiertem Abstand entlang der Oberflächenkontur des Bauteils und der Raumtrigger-achse ist gewährleistet, dass die Raumtriggerachse die Oberflächenlinie fiktiv nachführt und somit äquidistante Impulse über den angeschlossenen Encoder an das Ultraschall-system ausgibt.

Das Problem wird durch eine Vorrichtung dadurch gelöst, dass zusätzlich zu den Achsantrieben ein Trigger-Antrieb zur Erzeugung der Triggerimpulse vorgesehen ist, dass der Trigger-Antrieb synchronisiert mit den Achsantrieben des Manipulators ansteuerbar ist, wobei die Achsantriebe entlang von vorausberechneten Stützpunkten synchron verfahrbar sind und der Trigger-Antrieb synchronisiert von der Steuerung zusammen mit den Achsantrieben entsprechend einer vorausberechneten Länge einer die Oberflächenkontur wiedergebenden Oberflächenlinie verfahrbar ist und dass an dem Encoder (E)

des Trigger-Antriebs Triggerimpulse anliegen, die bezogen auf die Oberflächenlinie der komplexen Oberflächenkontur äquidistant sind.

Zusätzlich zu den vorhandenen Achsantrieben des Mehrachsen-Manipulators wird eine weitere Achse bzw. ein Trigger-Antrieb definiert, d. h. ein an die NC-Steuerung angeschlossener Motor, welcher beim synchronisierten Verfahren der Achsantriebe des Mehrachsen-Manipulators im Raum entlang vorausberechneter Stützpunkte synchronisiert und von der NC-Steuerung zusammen mit allen anderen im Eingriff befindlichen Achsen entsprechend der vorausberechneten Oberflächenlinie verfahren wird, so dass gewährleistet ist, dass der Trigger-Antrieb die Oberflächenlinie fiktiv nachführt und somit äquidistante Impulse über den angeschlossenen Encoder an das Ultraschallsystem liefert.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen – für sich und/oder in Kombination –, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Anordnung zur Prüfung eines Bauteils mittels Ultraschall mit Einachsen-Triggersystem nach dem Stand der Technik,
- Fig. 2 a, b Prinzipdarstellungen eines Manipulatorsystems,
- Fig. 3 eine Anordnung zur Prüfung eines Bauteils mittels Ultraschall mit Raumgitter-Triggersystem und
- Fig. 4 ein Flussdiagramm mit Ablaufschritten zur Durchführung des Verfahrens zur Prüfung einer komplexen Oberflächenkontur aufweisenden Bauteils mittels Ultraschall.

Fig. 1 zeigt eine Anordnung 10 zur Prüfung einer Oberflächenkontur OK aufweisenden Bauteils BT mittels eines Einachsen-Triggersystems, welches in der Beschreibungseinleitung bereits ausführlich beschrieben wurde.

Die Fig. 2a) und b) zeigen zwei Ausführungsformen des Mehrachsen-Manipulators MM zur Führung eines Ultraschall-Prüfkopfsystems UPS in definiertem Abstand A entlang der Oberflächenkontur OK des Bauteils BK. Gemäß einer ersten Ausführungsform umfasst der Mehrachsen-Manipulator MM1 ein im Wesentlichen U-förmiges Gestell 12, welches bodenseitig entlang von Führungsschienen 14, 16 entlang einer ersten Achse wie X-Achse mittels eines Antriebs MX verfahrbar ist. Dabei umschließt das U-förmige Gestell beim Verfahren in X-Richtung im Wesentlichen das zu prüfende Bauteil BT. An vertikal verlaufenden Schenkeln 18, 20 des Gestells 12 sind entlang einer weiteren Achse wie Y-Achse verfahrbare Halteelemente 22, 24 angebracht, an denen das Ultraschall-Prüfkopfsystem UPS befestigt ist. Ferner sind die Haltelemente 22, 24 entlang einer noch weiteren Achse wie Z-Achse, in Richtung auf das zu prüfende Bauteil BT zu und von diesem weg bewegbar. Ferner ist eine Rotation des Ultraschall-Prüfkopfsystems UPS um eine Längsachse wie A-Achse des Haltelementes 22, 24 möglich.

Ein in Fig. 2 b dargestellter Mehrachsen-Manipulator MM2 unterscheidet sich von dem in Fig. 2 a dargestellten Manipulator MM1 dadurch, dass die Halteelemente 22, 24 nicht an den vertikal verlaufenden Schenkeln 18, 20 des Gestells 12 angeordnet sind, sondern entlang einer Y-Achse eines oberen, horizontal verlaufenden Querträgers 26 verfahrbar sind. Ferner sind die Halteelemente 22, 24 entlang einer vertikal verlaufenden Z-Achse verfahrbar. Das Ultraschall-Prüfkopfsystem UPS ist zudem um eine A-Achse schwenkbar angeordnet. Optional ist vorgesehen, dass die Halteelemente 22, 24 um ihre Längsachse, im vorliegenden Fall um eine B-Achse, drehbar sind.

Fig. 3 zeigt eine Anordnung 28 zur Prüfung einer komplexen Oberflächenkontur OK aufweisenden Bauteils BT mittels Ultraschall. Die Anordnung umfasst den Mehrachsen-Manipulator MM zur Führung des Ultraschall-Prüfkopfsystems UPS in definiertem Abstand A entlang der Oberflächenkontur OK des Bauteils BT. Der Mehrachsen-

Manipulator MM umfasst die Antriebe MX, MY, MZ, MA, MB zum Antrieb der einzelnen Achsen wie X-Achse, Y-Achse, Z-Achse, A-Achse und B-Achse, welche über Steuerkarten SX, SY, SZ, SA, SB mit der Steuerung NCS gekoppelt sind. Gemäß der Erfindung ist ein weiterer Antrieb bzw. Motor MRT vorgesehen, der über eine Steuerkarte SRT mit der Steuerung NCS verbunden ist. Der Motor MRT ist mit einem Encoder E gekoppelt, der Triggersignale an ein Ultraschallsystem USS liefert, welches mit einem Steuerrechner SR verbunden ist, der wiederum mit der Steuerung des Mehrachsen-Manipulators NCS verbunden ist.

Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm des Verfahrens. In dem Steuerrechner für das Ultraschallsystem SR werden eine Oberflächenlinie OL, insbesondere deren Länge entsprechend von manuell eingegebenen oder aus CAD-Daten übernommenen Geometrie des zu prüfenden Bauteils BT berechnet (Schnitt S2). Anschließend erfolgt eine Vorausberechnung von Stützpunkten des Mehrachsen-Manipulators MM zur Führung des Ultraschall-Prüfkopfsystems UPS in definiertem Abstand A (Schnitt S1). Diese Berechnung erfolgt ebenfalls im Steuerrechner SR des Ultraschall-Systems.

Vorzugsweise wird eine mäanderförmige Messfahrt über die Oberflächenkontur OK des Bauteils BT durchgeführt. Beim synchronen Verfahren der Achsen im Raum entlang der voraus berechneten und der Steuerung NCS übergebenen Stützpunkte wird der Raumtriggermotor MRT, der als virtuelle Achse angesehen werden kann, synchronisiert von der NC-Steuerung NCS zusammen mit den anderen Achsen, welche sich im Eingriff befinden, entsprechend der vorausberechneten Oberflächenlinie OL verfahren (Schnitt S3). Durch das synchronisierte Verfahren der eigentlichen Bewegungssachsen, d. h. der X-, Y-, Z-, A- und B-Achsen zur exakten Führung des Ultraschall-Prüfkopfsystems UPS in definiertem Abstand A entlang der Oberfläche OK sowie durch Verfahren der Raumtriggerachse des Raumtriggermotors MRT ist gewährleistet, dass die Raumtriggerachse fiktiv die Oberflächenlinie OL nachführt (Schnitt S4) und somit äquidistante Impulse TI über den angeschlossenen Encoder E an das Ultraschall-System USS abgegeben werden (Schnitt S5).

Dadurch wird eine ausreichende Genauigkeit der oberflächengetreuen Datenaufnahme, d. h. ein äquidistantes Messpunktgitter an der Oberfläche des Bauteils für die spätere Darstellung der Messergebnisse als pixeliertes C-Bild gewährleistet.

PatentansprücheVerfahren und Vorrichtung zur Prüfung eines eine komplexe Oberflächenkontur aufweisenden Bauteils mittels Ultraschall

1. Verfahren zur Prüfung eines eine komplexe Oberflächenkontur (OK) aufweisenden Bauteils (BT) mittels Ultraschall, wobei zumindest ein Ultraschallprüfkopf (UPK) mittels eines mehrere Achsantriebe (MX, MJ, MZ, MA, MB) aufweisenden Manipulators (MM) in mehreren Achsen mit definiertem Abstand (A) entlang der Oberflächenkontur (OK) des Bauteils (BT) geführt wird und wobei entsprechend der Bewegung zumindest eines Antriebs äquidistante Impulse als Triggersignale zur geometrisch korrekten Zuordnung von empfangenen Ultraschallmesswerten zur Oberflächenkontur (OK) des Bauteils erzeugt werden,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Länge einer die Oberflächenkontur (OK) wiedergebende Oberflächenlinie (OL) berechnet wird,

dass Stützpunkte zur Führung des Ultraschallprüfkopfes (UPK) berechnet werden,

dass die Achsantriebe (MX, MJ, MZ, MA, MB) des Manipulators (MM) entlang der vorausberechneten Stützpunkte synchron verfahren werden und

dass ein Trigger-Antrieb (MRT) synchronisiert mit den Achsantrieben (MX, MJ, MZ, MA, MB) angesteuert und zusammen mit allen im Eingriff befindlichen Achsantrieben entsprechend der vorausberechneten Oberflächenlinie (OL) verfahren wird, wobei der Trigger-Antrieb (MRT) der Oberflächenlinie (OL) fiktiv nachgeführt wird und bezogen auf die Oberflächenlinie (OL) äquidistante Triggerimpulse generiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Länge der Oberflächenlinie (OL) für jede individuelle lineare Messfahrt des Ultraschallprüfkopfes (UPK) entlang der Oberflächenkontur des zu prüfenden Bauteils berechnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stützpunkte zur Realisierung einer mäanderförmigen Messfahrt entlang der Oberflächenkontur (OK) des zu prüfenden Bauteils berechnet werden.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ansteuerung aller Achsantriebe (MX, MY, MZ, MA, MB) und des Trigger-Antriebes (MRT) durch eine NC-Steuerung durchgeführt wird.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Triggerimpulse für ein den Prüfkopf ansteuerndes Ultraschallgerät äquidistant entlang der Oberflächenlinie (OL) erzeugt werden.
6. Vorrichtung zur Prüfung eines eine komplexe Oberflächenkontur (OK) aufweisenden Bauteils (BT), umfassend einen mittels Achsantrieben (MX, MY, MZ, MA, MB) in einen oder mehreren Achsen verfahrbaren Manipulator (MM), mit dem zumindest ein Ultraschallprüfkopf (UPK) mit definiertem Abstand entlang der Oberflächenkontur (OK) des Bauteils (BT) verfahrbar ist, wobei die Achsantriebe mittels einer Steuerung (NCS) ansteuerbar sind und wobei zumindest ein Encoder (E) zur Erzeugung von Triggerimpulsen zur geometrisch korrekten Zuordnung von empfangenen Ultraschallmesswerten zur Oberflächenkontur des Bauteils vorgesehen ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass zusätzlich zu den Achsantrieben (MX, MY, MZ, MA, MB) ein Trigger-Antrieb (MRT) zur Erzeugung der Triggerimpulse vorgesehen ist,

dass der Trigger-Antrieb (MRT) synchronisiert mit den Achsantrieben (MX, MY, MZ, MA, MB) des Manipulators (MM) ansteuerbar ist, wobei die Achsantriebe entlang von vorausberechneten Stützpunkten synchron verfahrbar sind und der Trigger-Antrieb (MRT) synchronisiert von der Steuerung (NCS) zusammen mit den Achsantrieben entsprechend einer vorausberechneten Länge einer die Oberflächenkontur OK wiedergebenden Oberflächenlinie (OL) verfahrbar ist und

dass an dem Encoder (E) des Trigger-Antriebs (RMT) Triggerimpulse anliegen, die bezogen auf die Oberflächenlinie (OL) der komplexen Oberflächenkontur (OK) äquidistant sind.

Einachsen Triggersystem

10

NCS

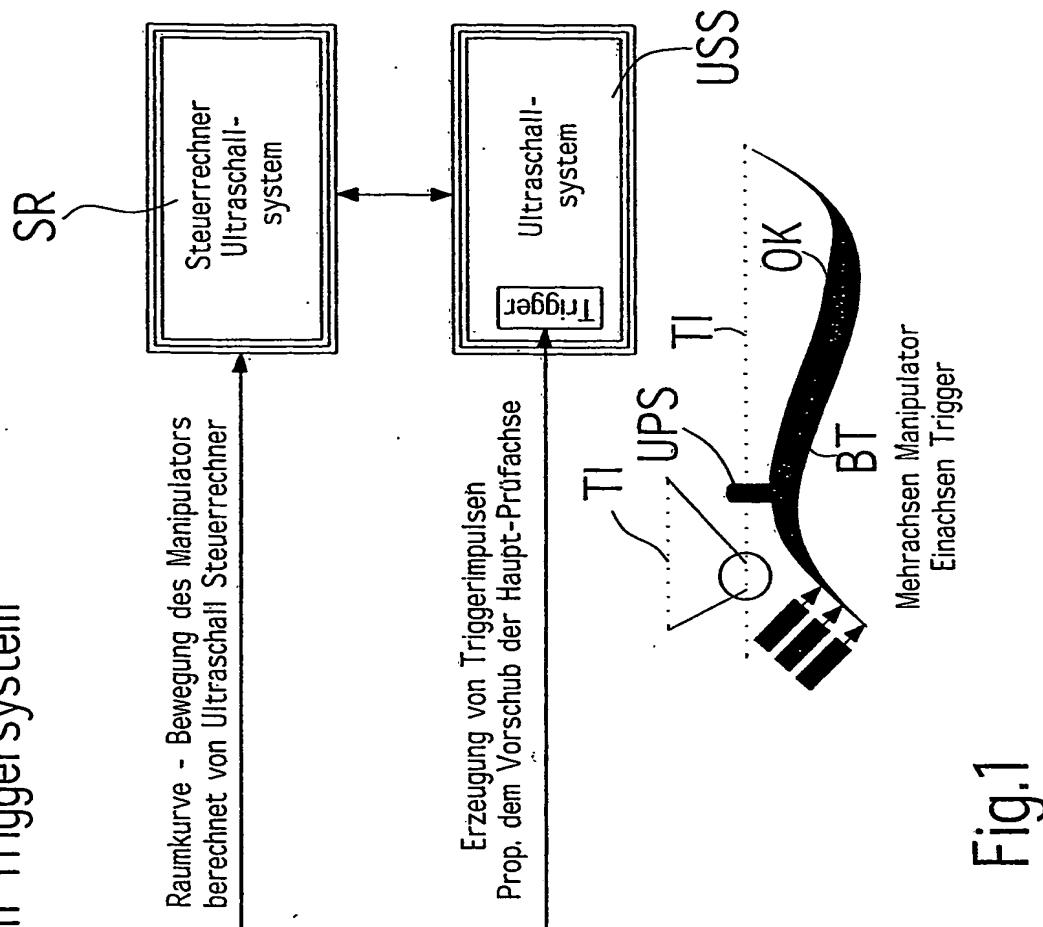
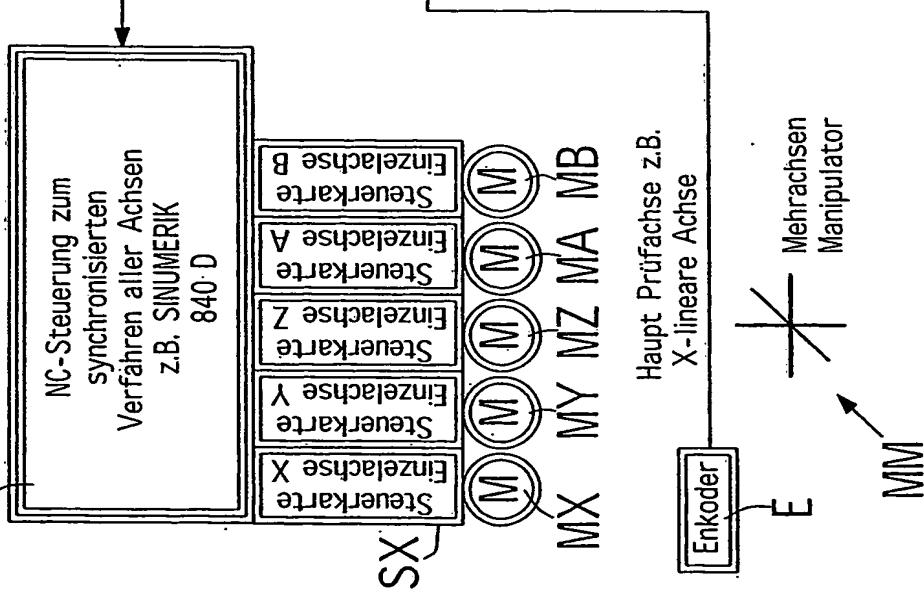


Fig.1

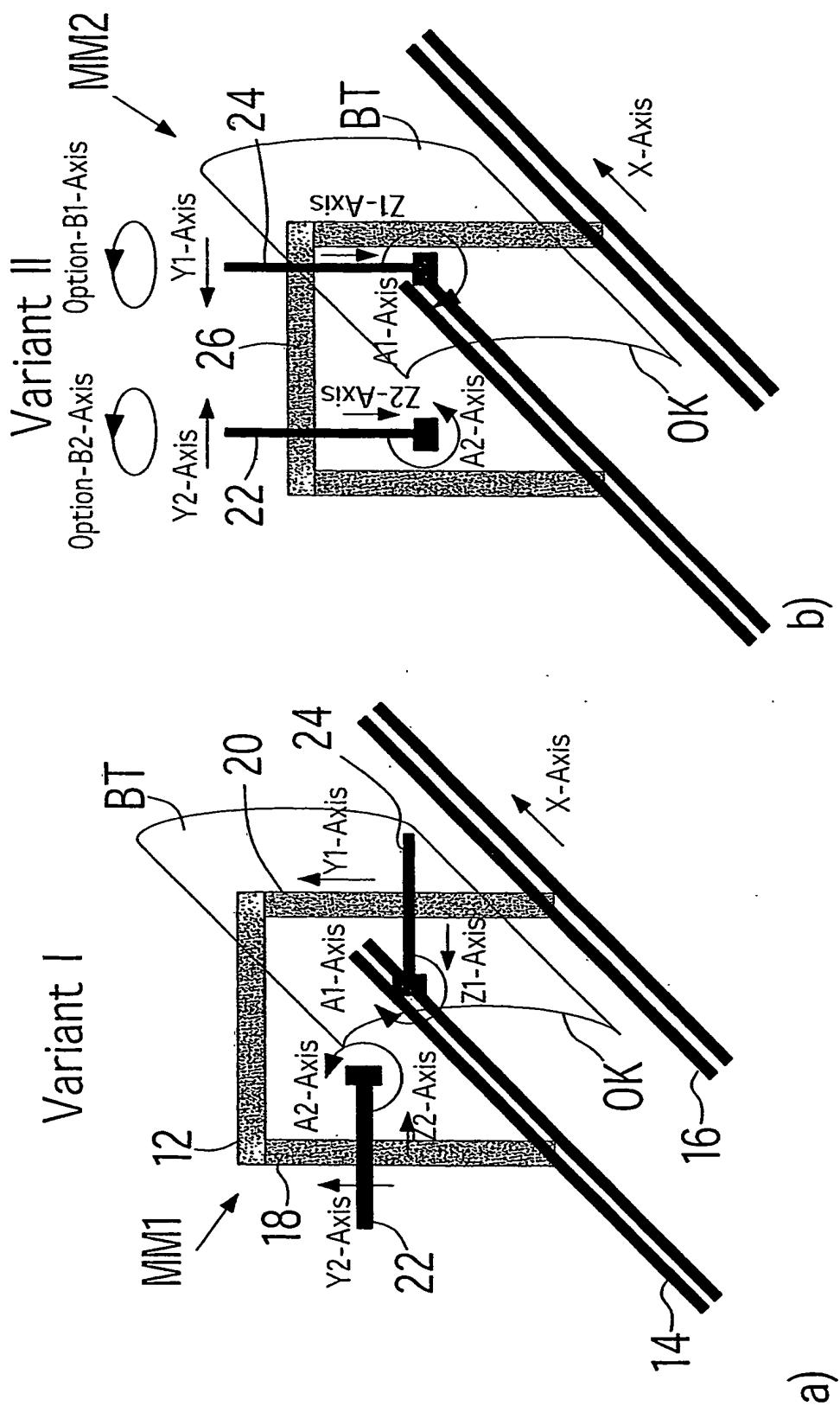


Fig.2

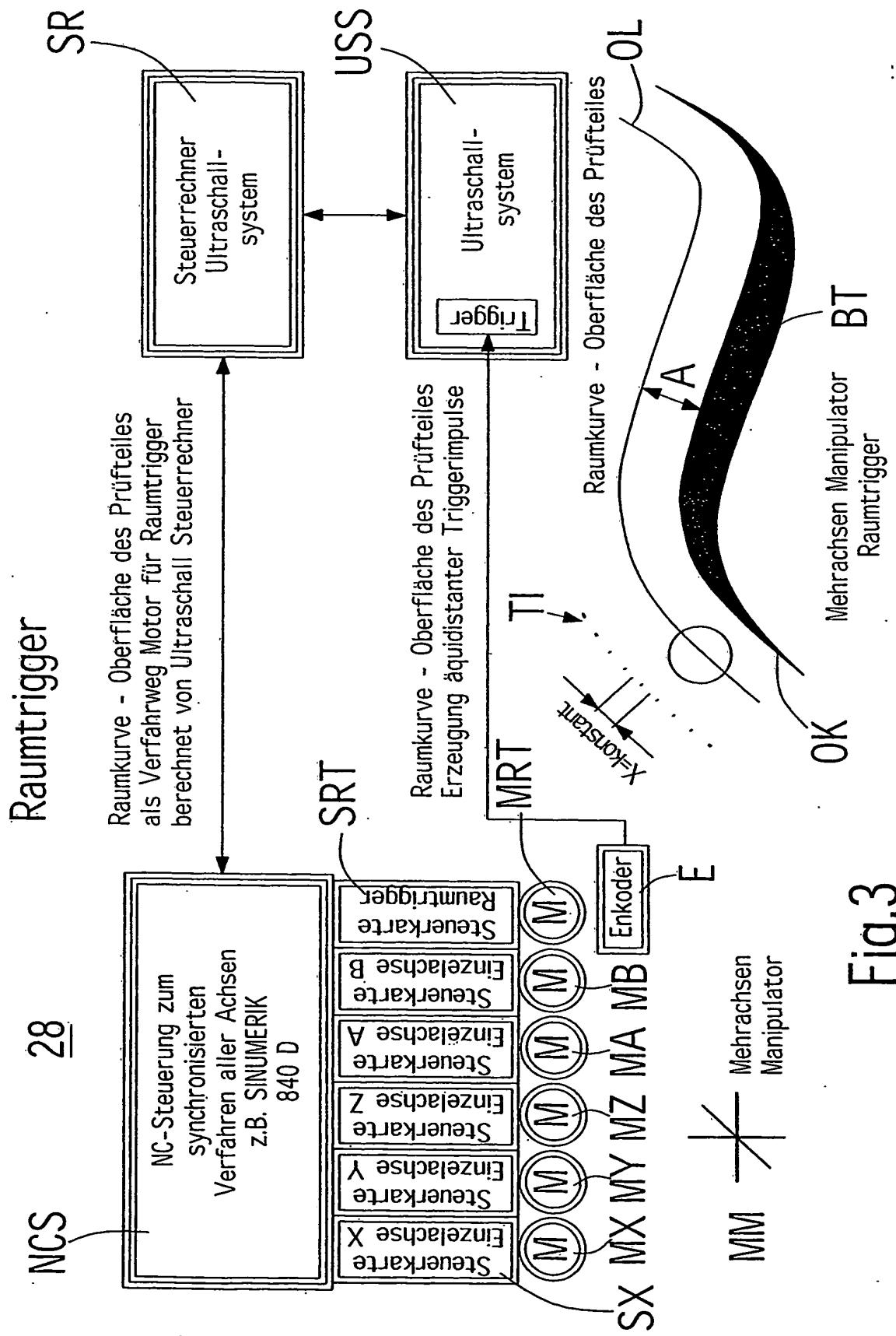


Fig. 3

Flussdiagramm

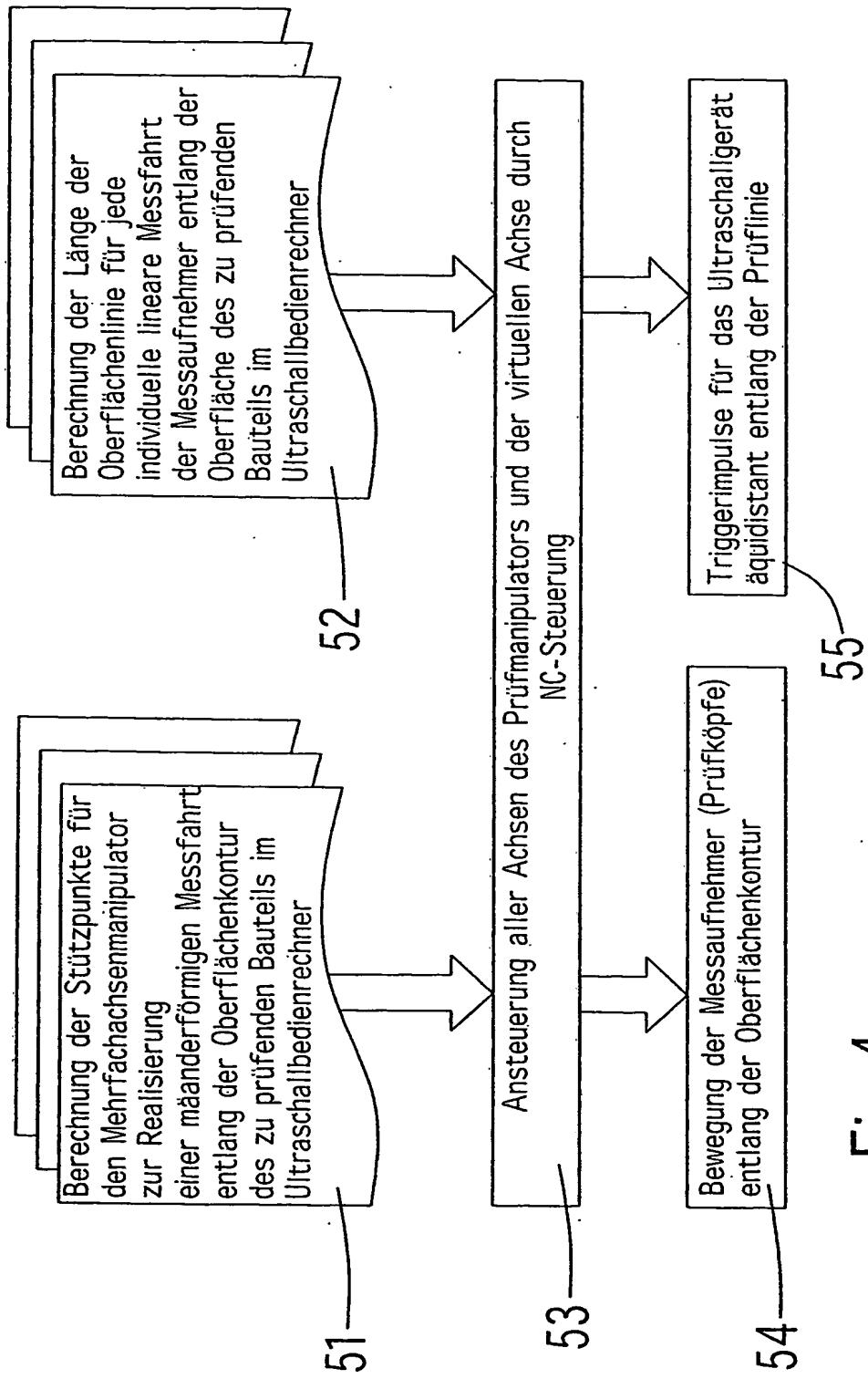


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

EP2004/011331

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G01N29/26
 //G01B11/00, G01B11/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 G01N G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
 EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 489 161 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD) 10 June 1992 (1992-06-10) cited in the application abstract; claims 1,10; figures 1,5-7,42 page 3, line 3 - page 15, line 43 -----	1-6
A	FR 2 642 833 A1 (VISION 3D) 10 August 1990 (1990-08-10) cited in the application abstract; figures 1-5 page 1, column 6 - page 14, column 6 ----- -/-	1-6

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 January 2005

Date of mailing of the international search report

07/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Uttenthaler, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

EP2004/011331

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 146 (P-854), 11 April 1989 (1989-04-11) & JP 63 309852 A (NIPPON STEEL CORP), 16 December 1988 (1988-12-16) abstract ----- US 4 311 052 A (JEFFRAS ET AL) 19 January 1982 (1982-01-19) the whole document -----	1-6
A		1,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

EP2004/011331

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0489161	A 10-06-1992	JP	2720077 B2	25-02-1998
		JP	3077057 A	02-04-1991
		JP	2812737 B2	22-10-1998
		JP	3123857 A	27-05-1991
		EP	0489161 A1	10-06-1992
		WO	9102971 A1	07-03-1991
		US	5335547 A	09-08-1994
FR 2642833	A1 10-08-1990	AT	93957 T	15-09-1993
		DE	69003090 D1	07-10-1993
		DE	69003090 T2	10-02-1994
		DK	452422 T3	31-01-1994
		EP	0452422 A1	23-10-1991
		ES	2046776 T3	01-02-1994
JP 63309852	A 16-12-1988	WO	9008939 A1	09-08-1990
		JP	2553867 B2	13-11-1996
US 4311052	A 19-01-1982	NONE		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

EP2004/011331

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGS GEGENSTANDES
IPK 7 G01N29/26
//G01B11/00, G01B11/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01N G01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 489 161 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD) 10. Juni 1992 (1992-06-10) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Ansprüche 1,10; Abbildungen 1,5-7,42 Seite 3, Zeile 3 - Seite 15, Zeile 43	1-6
A	FR 2 642 833 A1 (VISION 3D) 10. August 1990 (1990-08-10) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1-5 Seite 1, Spalte 6 - Seite 14, Spalte 6	1-6 -/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. Januar 2005

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

07/02/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Uttenthaler, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

EP2004/011331

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH SEHENEN UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 013, Nr. 146 (P-854), 11. April 1989 (1989-04-11) & JP 63 309852 A (NIPPON STEEL CORP), 16. Dezember 1988 (1988-12-16) Zusammenfassung ----- US 4 311 052 A (JEFFRAS ET AL) 19. Januar 1982 (1982-01-19) das ganze Dokument -----	1-6
A		1,6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

EP2004/011331

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0489161	A	10-06-1992	JP	2720077 B2		25-02-1998
			JP	3077057 A		02-04-1991
			JP	2812737 B2		22-10-1998
			JP	3123857 A		27-05-1991
			EP	0489161 A1		10-06-1992
			WO	9102971 A1		07-03-1991
			US	5335547 A		09-08-1994
FR 2642833	A1	10-08-1990	AT	93957 T		15-09-1993
			DE	69003090 D1		07-10-1993
			DE	69003090 T2		10-02-1994
			DK	452422 T3		31-01-1994
			EP	0452422 A1		23-10-1991
			ES	2046776 T3		01-02-1994
			WO	9008939 A1		09-08-1990
JP 63309852	A	16-12-1988	JP	2553867 B2		13-11-1996
US 4311052	A	19-01-1982		KEINE		